

ГОССТРОЙ СССР

Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный  
институт автоматизированных систем в строительстве  
(ЦНИПИАСС)

*На правах рукописи*

**ВАГАНЯН Григорий Аршапуйсович**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ  
ПРИМЕНЕНИЯ МАШИНОЙ ГРАФИКИ  
В ПЛАНИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ  
СТРОИТЕЛЬСТВОМ**

**05.13.06. Автоматизированные системы переработки  
информации и управления (строительство)**

**05.13.12. Системы автоматизированного проектирования  
и автоматизация технологической подготовки  
производства (строительство)**

*А в т о р е ф е р а т*  
*диссертации на соискание ученой степени*  
*кандидата технических наук*

МОСКВА 1980

Работа выполнена в Центральном научно-исследовательском и проектно-экспериментальном институте автоматизированных систем в строительстве (ЦНИПИАСС) Госстроя СССР.

- Научные руководители:           - доктор технических наук, профессор А.А.Гусаков, кандидат технических наук В.А.Львов.
- Официальные оппоненты:       - доктор технических наук, профессор Т.Н.Цай, кандидат технических наук В.С.Полозов.
- Ведущее предприятие           - ГВЦ Минпромстроя СССР

Защита состоится " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 198 г.

в \_\_\_\_ час. на заседании специализированного Совета

К.033.07.01 в ЦНИПИАСС по адресу:  
117393, ГСП-7, Москва, В-393, Новые Черемушки, квартал 28, корпус 3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЦНИПИАСС.

Автореферат разослан " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 198 г.

Ученый секретарь  
специализированного Совета  
к.т.н.

В.П.ЛЕНЬШИН

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В создаваемых автоматизированных системах планирования и управления в строительстве функциональные возможности вычислительных комплексов ограничены и не всегда обеспечивают необходимые условия для применения опыта, творчества, интуиции человека на этапах постановки задач, корректировки хода их решения и оценки конечных результатов. До последнего времени при создании автоматизированных систем планирования и управления в строительстве широко не использовались интерактивные (диалоговые) графические методы интерпретации планово-управленческих решений, существенно повышающие эффективность систем. Поэтому разработка таких методов формирования графической информации в автоматизированных системах планирования и управления в строительстве является актуальной теоретической и практической проблемой.

Цель работы - создание автоматизированных методов для интерактивных режимов представления и обработки графической информации планово-управленческих решений.

Для достижения поставленной цели в диссертации решаются следующие задачи:

обоснование целесообразности использования методов и средств машинной графики в совершенствовании систем автоматизированного планирования и управления строительством, разработка основных принципов построения и функционирования системы геометрического моделирования, ориентированной на решение планово-управленческих задач,

разработка методов и алгоритмов автоматизированного построения традиционных и новых графических представлений планово-управленческих решений, с возможностью их использования в интерактивном режиме,

экспериментальная проверка разработанных методических рекомендаций и программных комплексов при решении ряда планово-управленческих задач строительного производства.

Научная новизна. Разработаны структура, функции и математическое обеспечение системы геометрического моде-

лирования, инвариантной к различным выводным устройствам ЭВМ и ориентированной на решение плано-управленческих задач в строительстве. Предложены основные принципы анализа и синтеза геометрических образов результатов решений и разработана методика организации графического взаимодействия человека с ЭВМ. Предложены новые формы графических моделей и разработаны основанные на них методы и алгоритмы интерактивного формирования и корректировки технико-экономических, организационно-технологических, плано-управленческих решений, графиков строительного производства. Предлагаемые методы позволяют повысить наглядность графического изображения структуры и взаимосвязей между элементами отображаемой модели, обеспечивают возможность эффективного использования интерактивных режимов для оптимизации организации, планирования и управления, создают благоприятные условия для высокопроизводительного плано-управленческого труда, усиления его творческого характера, развивают инициативу и деловитость, усиливают ответственность за результаты и качество работы.

Достоверность научных результатов подтверждена практической проверкой решения некоторых плано-управленческих задач для научных, проектных и строительных организаций.

Практический выход диссертации заключается в разработке действующего комплекса программ для автоматизированных систем планирования и управления, для формирования и корректировки плано-управленческих решений, для составления соответствующей графической документации традиционной и новой формы в составе проектов организации строительства (ПОС) и проектов производства работ (ППР). Разработаны рекомендации по совершенствованию структуры математических моделей (прикладных программ) для их эффективного использования в интерактивном режиме.

Основные результаты исследования: предложен комплекс методических и программных средств, разработана система геометрического моделирования для совершенствования автоматизации планирования и управления в строительстве на основе применения графического отображения промежуточных и конечных результатов решений.

Внедрение результатов проведено в Ленинградском ордена Ленина производственном строительном-монтажном объединении Главзапстроя Минстроя СССР, в тресте "Мособл-

строй № 5" Главмособлстроя, в СКБ "Автоматика", МИИСП им.В.П.Горячкина Минсельхоза СССР и в ряде других организаций, где была выявлена эффективность и целесообразность применения методов и средств машинной графики.

Созданное в диссертации методическое и программное обеспечение использовалось в ЦНИПИАСС при выполнении работы по теме № 7-69-80 "Разработка и внедрение программ по формированию на ЭВМ типовых сетевых моделей на строительство животноводческих комплексов", а также при проектировании и производстве работ на объектах строительства Ленинградского арматурного завода им.Лепсе, где был получен экономический эффект в размере 35 тыс.рублей. В СКБ "Автоматика" программы использовались при составлении и корректировке оперативно-календарных графиков планирования и выполнения НИР и ОКР. Эти же программы были успешно применены в процессе оценки информативности и трудоемкости выполнения проектно-графических работ в ВУЗах (ЕрПИ им.К.Маркса, МИИСП им.В.П.Горячкина) при разработке учебных курсов и программ.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на ряде конференций и совещаний, в том числе: на конференции ученых и специалистов (ЦНИПИАСС, 1979г.), на научно-практическом семинаре по проблемам построения и применения интерактивных систем управления в строительстве (ЦНИПИАСС, 1980 г.),

на научно-техническом семинаре по проблемам математического обеспечения систем планирования и управления (МНИПСПУ, 1980 г.).

Фрагменты работы экспонировались на ВДНХ СССР в 1980 г. Публикации. Основные результаты работы опубликованы в 6-ти статьях.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и предложений, списка литературы и приложений. Всего страниц 181, из них 137 страниц машинописного текста, 41 иллюстрация, 3 таблицы.

На защиту выносятся: система геометрического моделирования, ориентированная на решение плано-управленческих задач в строительстве, методы и алгоритмы автоматизированного построения графического отображения графиков строительного производства в традиционных и новых формах с рекомендациями по их использованию в интерактивном режиме,

методика организации интерактивного графического режима для формирования плано-управленческих решений.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении определяется значение интерактивных систем в совершенствовании автоматизации планирования и управления в строительстве, место и роль функционального графического обеспечения. Определяется цель работы, конспективно излагается содержание.

В первой главе систематизируется и анализируется отечественный и зарубежный опыт применения графических методов и моделей в повышении эффективности планирования и управления строительным производством. Несмотря на преимущества (наглядность и простота) графических методов решения плано-управленческих задач, до середины 70-х годов наблюдалось сокращение их применения по сравнению с аналитическими. Одна из причин заключалась в том, что автоматизация вычислительных процессов намного опередила по времени и по уровню развитие автоматизации графических работ. Несмотря на значительное влияние применения ЭВМ на решение плано-управленческих задач, графическое (геометрическое) моделирование строительных процессов по-прежнему остается актуальным. Анализ производственной деятельности и организационно-технологических требований показал, что в строительном производстве в большинстве случаев нужны графики, реально отражающие процесс строительства, позволяющие оперативно вносить изменения в плановые показатели. В условиях необходимости повышения эффективности автоматизации планирования и управления очень важно обеспечить автоматизированное построение графиков, особенно при использовании интерактивных режимов работы. Применение методов и средств машинной графики открывает новые возможности при решении плано-управленческих задач с помощью ЭВМ:

непосредственное активное привлечение руководителей и организаторов производства к работе с прикладной программой,

интерактивное построение модели и экспериментирование с нею, при этом графический ввод и корректировка информации осуществляются намного проще и вероятность ошибок ниже, чем при работе с традиционными методами (клавиатура, перфокарты и др.),

наглядно-изобразительное представление промежуточных и конечных результатов облегчает и ускоряет их интерпретирование.

Оперативный обмен графической информацией значительно активизирует творческие возможности плано-управленческих

работников при решении неформальных частей задачи, что существенно повышает эффективность работы человека и машины, содействует качественному улучшению, модификации и адаптации модели к различным условиям строительного производства. Кроме того, можно более убедительно интерпретировать результаты решения, что улучшает организационное восприятие автоматизированных систем, обеспечивает усиление функциональных возможностей человека и ЭВМ, позволяет сократить общее время подготовки и осуществления решений.

Анализ современного состояния научных и практических работ в области разработки и использования интерактивных систем в планировании и управлении строительством позволил установить, что исследование и разработка методов автоматизации графического моделирования и формирования графиков в интерактивном режиме в специальной литературе освещены мало. Это свидетельствует о сложности и малоизученности вопроса.

Сформированная общая схема исследования отражает реализацию поставленной в работе цели.

Во второй главе интерактивные методы использования математических моделей планирования и управления в строительстве рассматриваются и анализируются с позиций системного подхода. Выявлены основные принципы и структура организации интерактивной графической системы, ориентированной на решение плано-управленческих задач в строительстве.

В силу исключительного разнообразия встречающихся в строительной практике задач и недостаточной изученности их математического описания, порядок структуризации объекта планирования или управления и выбор математических схем для описания элементов объекта нельзя считать окончательно сложившимся. Поэтому в работе рассматривается математическая модель сложной системы (объекта)

$$F = F(x, y, w, q),$$

где  $x = \{x_1, \dots, x_n\}$  – множество входных воздействий;  $y = \{y_1, \dots, y_m\}$  – множество выходных сигналов;  $w = \{w_1, \dots, w_n\}$  – множество состояний системы;  $q$  – структура системы, которая определяется связями между ее элементами. Множество входных воздействий может быть разбито на три подмножества:  $x_U$  – управляемые воздействия;  $x_K$  – неуправляемые, но контролируемые воздействия;  $x_{NU}$  – неуправляемые и неконтролируемые воздействия.

Считается, что управляемые воздействия  $x_U$  полностью известны. Воздействия типа  $x_K$  могут лишь контролироваться и учитываться при изучении свойств системы и обработке экспериментальных данных.

В каждом конкретном случае используется не вся совокупность величин  $x_U$  и  $x_K$ , а выделяется лишь существенная часть  $\bar{x}_U$  и  $\bar{x}_K$ . Оставшаяся часть неучтенных воздействий может быть отнесена к воздействиям типа  $x_{NU}$ , к которым относится множество случайных и неопределенных факторов. Под "выходными" понимаются только те сигналы, которые доступны для представления человеку.

Задача принятия решений формулируется в следующем виде: отыскать те значения управляемых воздействий, которые при заданных ограничениях и при фиксированных неуправляемых воздействиях оптимизируют эффективность системы. Обычно данную задачу стремятся свести к некоторой известной схеме математического программирования, с тем чтобы решить ее известными методами, однако это не всегда удается осуществить для реальных задач управления и планирования сложными системами. Более совершенный метод формирования рациональных решений базируется на комплексном использовании оптимизации и имитационного моделирования.

Исследования показали, что вне зависимости от используемого метода и модели задача принятия решения в интерактивном режиме всегда расчленяется на этапы в соответствии с классом решаемой задачи и формализуемой целью. В работе анализируются общие принципы использования моделирующих алгоритмов в интерактивном режиме. Результаты вычислений на каждом этапе преобразуются в графическую и/или алфавитно-цифровую форму и в виде индикатора представляются для оценки человеку. Наличие промежуточных индикаторов в форме локальных оценочных характеристик позволяет ускорить достижение цели, поскольку каждой оценочной характеристике, исходя из специфики рассматриваемой задачи, можно поставить в соответствие некоторый эталон (число, график, диаграмму или некоторую геометрическую абстракцию). Ориентируясь на этот эталон, можно достаточно эффективно выявить области неприемлемых значений исходных параметров или внести соответствующие коррективы и тем самым сократить число возможных переборов, общее время решения и затраты машинных ресурсов. Наличие оценочных характеристик и возможность их

быстрого получения позволяют проще выделить "узкую" область, в которой находятся приемлемые (рациональные) решения, и более гибко использовать подходящие методы оптимизации.

Анализ информационной деятельности человека в интерактивном режиме с учетом рекомендаций инженерной психологии позволил выявить основные требования к отображаемой информации:

информация, предназначенная для восприятия, должна быть в предельно наглядной форме,

вмешательство в вычислительный процесс (целенаправленное изменение стратегии и тактики поиска решений, выбор критериев, анализ, сравнение, корректировка данных, постановка машине соответствующего вопроса типа: "Что если?..." ) должно быть максимально облегчено.

Эффективным следует считать тот индикатор, который одновременно служит и средством отображения (моделирования), и средством взаимодействия с прикладной программой.

На основе проведенного анализа предложена многоуровневая структура математического и программного обеспечения интерактивной графической системы, ориентированной на решение планово-управленческих задач в строительстве, и определены основные требования к ней. Обоснован выбор комплекса графических подпрограмм "Графор-ЕС" в качестве базового математического обеспечения интерактивной системы.

В третьей главе разрабатываются структура, функции и математический аппарат системы геометрического моделирования, определяемой как комплекс методических, алгоритмических и программных средств, обеспечивающий наглядное представление и корректировку промежуточных и конечных результатов технико-экономических, организационно-технологических, планово-управленческих решений, графиков строительного производства, ориентированный на использование в интерактивном режиме.

Рассматриваются основные принципы (непрерывности, ответственности и совместности) для анализа и синтеза геометрических образов объекта (и его проекций) в интерактивном режиме. Согласно принципу непрерывности, при непрерывном изменении воздействий  $x=x(t)$  непрерывно изменяются и выходные сигналы  $y=y(t)$ . Траектории движения точек и кривых, отражающих эти взаимоотношения и состояния объекта, также будут непрерывными. Принцип соответ-

ствия устанавливает, что каждому состоянию объекта соответствует определенный геометрический образ. Принцип совместимости дополняет первые два и отражает допустимые технологические процессы, имеющиеся в моделируемом объекте, что позволяет отобразить в пространстве состояний один из возможных вариантов движения точки и транслировать элементы (точки, прямые, кривые) отдельных проекций в пространство состояния объекта.

На базе рассмотренных принципов предлагаются два основных метода геометрического моделирования, которые выполняют:

конструирование и синтез желаемого геометрического образа объекта и его проекций,

анализ и разбиение геометрического образа объекта на проекции.

Таким образом, не прибегая к реальному эксперименту, можно теоретически построить желаемые (типичные или эталонные) геометрические образы объекта и его проекции. Задача интерактивного управления будет состоять в том, чтобы не допустить изменения заданного геометрического образа объекта или максимально приблизиться к нему, или не допустить вариации его вне установленной области. С учетом вышеизложенного, разработан метод организации и алгоритмы графического взаимодействия с ЭВМ для формирования оптимальных (рациональных) решений.

В основе методики лежит представление моделирующего алгоритма в виде графа, реализующего разбиение алгоритма на блоки, выходами которых являются индикаторы. Блоки, которым может быть передана информация из данного блока  $b$ , являются последующими по отношению к  $b$ . Блоки, из которых может быть передана информация в  $b$ , являются предшествующими  $b$ . Граф алгоритма определяется тройкой  $(N, E, n_0)$ , где  $N$  - множество вершин графа;  $E$  - множество пар смежных вершин; пара  $(n_1, n_2) \in E$  тогда и только тогда, когда  $n_2$  является для  $n_1$  последующей вершиной;  $n_0$  - начальная вершина графа, которая не имеет предшествующих вершин в данном графе. Обозначим  $S(n)$  - множество вершин, последующих по отношению к  $n$ ,  $P(n)$  - множество вершин, предшествующих  $n$ . Если  $B \subset N$  - множество блоков алгоритма, то

$$S[B] = \bigcup_{n \in B} S(n) \quad \text{и} \quad P[B] = \bigcup_{n \in B} P(n).$$

Если в алгоритме нет циклов, то множество  $B$  обладает свойствами антисимметричности, транзитивности и нерефлексивности. Вводится полная упорядоченность вершин графа. Каждой вершине  $n$  ставится в соответствие такое число  $\Theta(n)$ , что

$$n_2 \in S(n_1) \Rightarrow \Theta(n_2) > \Theta(n_1).$$

Вместе с блоками упорядочиваются индикаторы  $\Theta(b) \Rightarrow \Theta(\beta)$ .

При разбиении алгоритма на блоки нужно учитывать, что список индикаторов может быть изменен.

Процесс взаимодействия человека с вычислительной машиной иллюстрируется схемой (рис.1). После формирования в интерактивном режиме графа алгоритма и составления списка индикаторов осуществляется фиксация воздействий  $x$  в пространстве варьируемых параметров. Производится вычисление по алгоритму до первого индикатора. Человек анализирует, оценивает индикатор и дает указания машине о дальнейшем ходе вычислений. Указания могут быть, например, такими:

а) "продолжить вычисления" (вычисления продолжаются до получения следующего по списку  $\Theta(\beta)$  индикатора или до индикатора, указанного человеком);

б) "прекратить вычисления" (по этому указанию происходит вычеркивание части области изменения параметров или выполняется их корректировка).

При отказе от некоторого варианта дается указание о выборе следующей точки в области изменения параметров. Сокращение числа рассматриваемых вариантов происходит за счет "вычеркивания" части области изменения параметров. Для выхода в область оптимума по индикаторам может быть использован подходящий стандартный метод оптимизации. Эта схема оказывается эффективной, особенно при наличии блоков, зависящих от малого числа параметров, т.к. контроль и оценка индикаторов позволяют провести селекцию значений параметров в пространствах малой размерности и выявить небольшие области возможного оптимума.

Анализируются методы и формы графического отображения промежуточных характеристик плано-управленческих решений для разработки эффективных индикаторов. Процесс перехода  $l$ -й точки в пространстве состояний объекта из  $g$ -го состояния в  $(g+1)$ -е состояние может интерпретироваться двумя точками как на плоскости, так и в  $N$ -мерном пространстве. Однако  $N$ -мерное пространство может быть представлено посредством  $M$

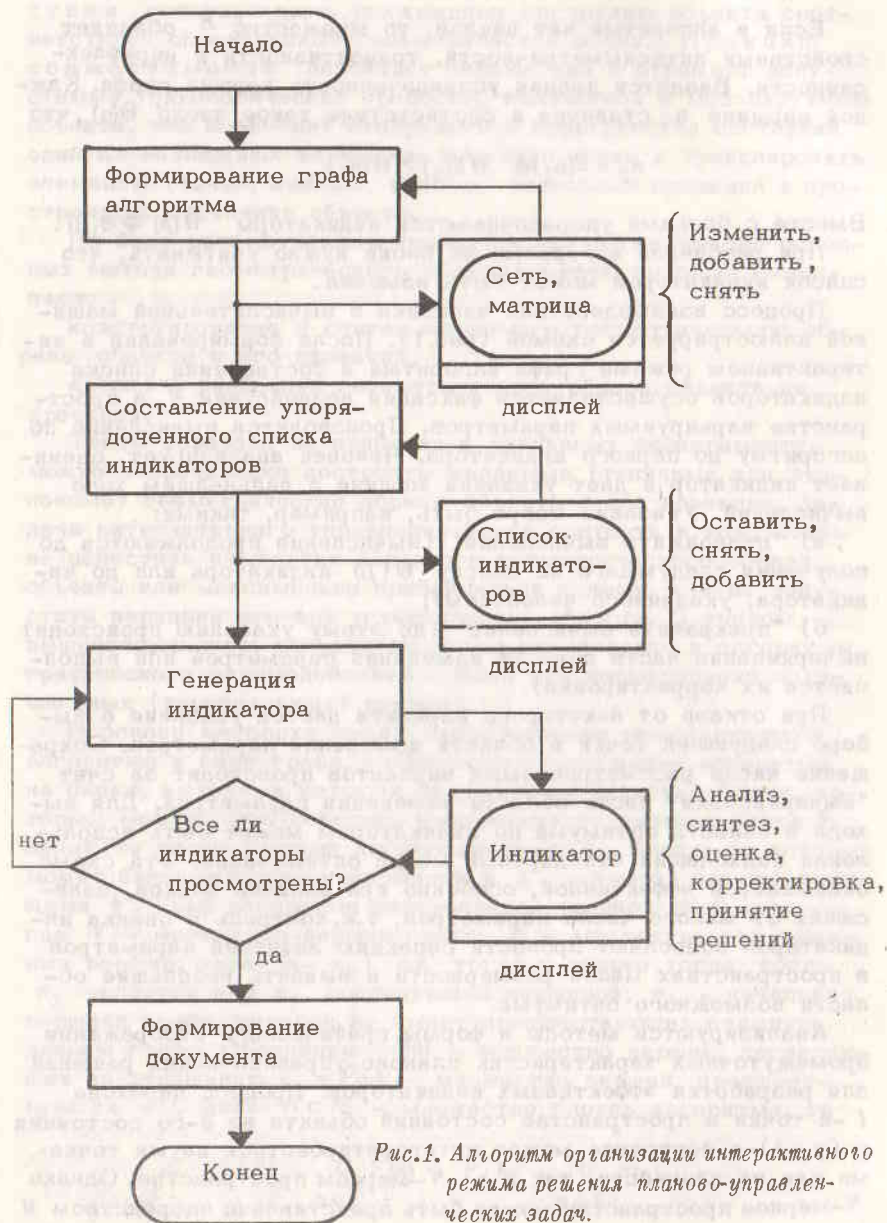


Рис.1. Алгоритм организации интерактивного режима решения планово-управленческих задач.

проекций его в трехмерное пространство, где  $M = C_N^3$ , а каждая трехмерная проекция – с помощью трех двумерных проекций. В зависимости от числа отображаемых параметров, множество процессов можно представить для восприятия и оценки в виде множества непересекающихся параллелепипедов или прямоугольников, которое будем называть портретом. Достоинством портрета является наглядность и возможность интегрированного отображения целого комплекса взаимосвязанных свойств рассматриваемого объекта, что облегчает условия восприятия такой информации и распознавания за ними свойств объекта.

В работе исследованы возможности применения портретной формы представления информации в качестве эффективного индикатора в интерактивных режимах формирования планово-управленческих решений в строительстве. Применение портрета позволило сформировать некоторые геометрические образы оптимальных календарных планов и исследовать задачи оптимизации управления.

Предлагается принципиально новый метод и описываются алгоритмы для выработки управленческих решений на стадии производства работ в интерактивном режиме. Графическое отображение рассогласования между общими целями управления, осознаваемыми человеком, и реальным состоянием управляемого объекта (рис.2) упрощает и облегчает формирование активных действий человека для достижения целей управления, в которых реализуется его опыт, знание, умение принимать творческие решения.

Комплекс работ, лежащих в контролируемом периоде, представлен в портретной форме на плоскости "ВРЕМЯ-СКОРОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ", с учетом ограничений очередности и скорости выполнения работ. В середине каждого прямоугольника указан номер работы, в верхнем левом углу – номера предшествующих работ, в нижнем – величина скорости выполнения работы (высота прямоугольника), в верхнем правом углу – номера последующих работ, в нижнем – продолжительность работы (основание прямоугольника). Такой индикатор в отличие от известных графических моделей обладает следующими существенными преимуществами: масштабностью по времени, большей информативностью за счет площади, возможностью оценки объемов работ, выделения резервов (временных и ресурсных), критических и подкритических путей, которые в целом обеспечивают эффективную работу человека и ЭВМ.

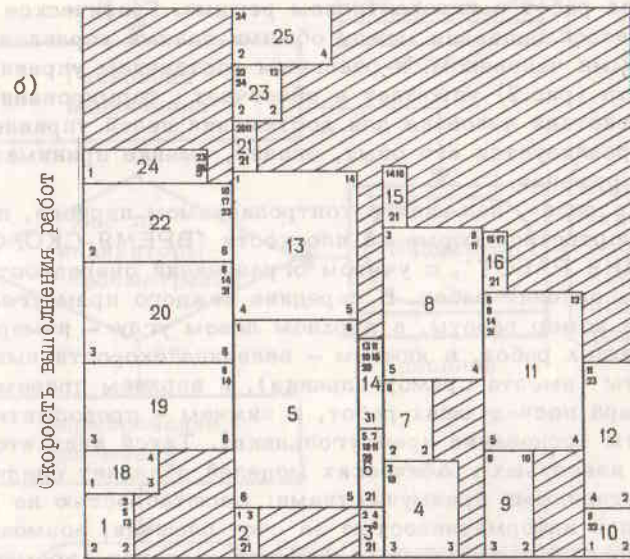
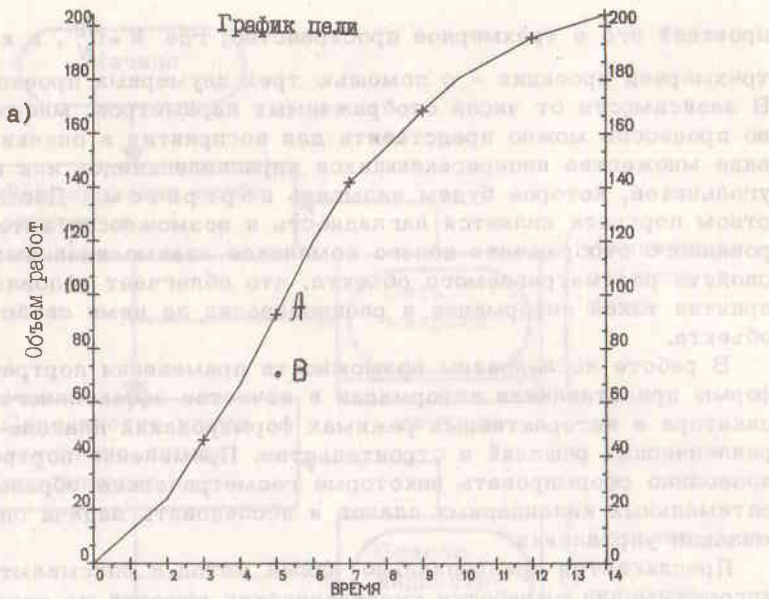


Рис.2. Индикаторы для интерактивного управления производственным процессом: а – график цели (А – плановый показатель, В – фактический); б – портрет работ в контролируемом периоде.

Решение задачи уменьшения рассогласования ищется в два этапа. На первом этапе с помощью клавиатуры или светового пера передвигаются прямоугольники, изменяются размеры сторон (с учетом требуемых ограничений) и генерируются различные варианты сроков выполнения работ. На втором этапе с применением подходящих формальных процедур осуществляется выбор наиболее рационального варианта. Описанный метод при некоторой модификации может быть использован и на стадии проектирования работ.

В качестве индикаторов при разработке аналогичных методов рекомендуется использовать графики и гистограммы сравнения различных плановых и фактических параметров производственного процесса, стоимостных характеристик, распределения организационно-технологических показателей.

В четвертой главе разрабатывается комплекс методических рекомендаций и программных средств для использования системы геометрического моделирования. Исследуются возможности построения и интерактивной корректировки сетевых графиков, получивших широкое распространение в сетевых методах планирования и управления. Совершенствуется методика подготовки исходных данных, для чего используются математические свойства отношений "предшествует" и "непосредственно предшествует" и соответствующие им обратные отношения – "следует" и "непосредственно следует".

Пусть  $A = \{a_1, \dots, a_n\}$  – множество элементов (работ или событий), которое необходимо отобразить на графическом устройстве. Матрица предшествующих элементов  $MPR = \{p_{ij}\}$  определяется следующим образом:

$$p_{ij} = \begin{cases} a_k, & \text{если } a_k \ll a_i; \\ 0, & \text{во всех других случаях,} \end{cases}$$

где через  $\ll$  обозначено отношение между элементами  $a_k$  и  $a_i$ , которое читается как " $a_k$  непосредственно предшествует  $a_i$ " или, что равносильно, " $a_i$  непосредственно следует за  $a_k$ ". Отсюда – любой заданный элемент (работа или событие) может быть выведен на плоскость чертежа тогда и только тогда, когда все непосредственно предшествующие ему элементы будут выведены. Матрица последующих элементов  $MPO$  определяется как транспонированная матрица  $MPR$ ,  $MPO = MPR^T$ .

Исходными данными для автоматизированного представления графиков является список работ, в котором для каждой работы



задается информация: номер работы (события) и ее наименование, интенсивность потребления ресурсов, объем и продолжительность работы или сроки начала и окончания и др. Для отображения сетевых графиков необходима и достаточна только матрица *MPR* (или *MPO*). Определение координат точек (работ, событий) на плоскости чертежа производится автоматически. Это резко уменьшает объем информации, необходимой для описания структуры сетевого графика и введения в ЭВМ для расчета.

Исследована возможность применения портретного отображения сетевых моделей для их оптимизации в интерактивном режиме. Рассмотрены вопросы повышения наглядности графических изображений сетей.

При автоматическом формировании изображения сетевого графика в традиционной форме (рис.3, а) центральной проблемой является размещение работ (событий) на плоскости таким образом, чтобы график был достаточно наглядным. Если за критерий наглядности принять наименьшее число пересечений линий, то возникает комбинаторная задача по выбору работ (событий) из множества заданных и такому размещению их, чтобы при изображении последующих работ не возникало пересечений линий связи. Решение задачи очень затрудняется при увеличении количества работ и связей. Кроме того, традиционная форма не совсем отвечает выявленным основным требованиям к изображениям графиков. Изображение считается наглядным, если можно легко проследить номенклатуру работ, если можно найти работы без больших затрат на поиски, если имеется минимально возможное количество изменений направлений линий связи. Существенным достоинством новых форм является наглядность изображения структуры и технологической последовательности работ, простота в построении и удобство в прослеживании номенклатуры работ (рис.3, б), выделение фронтов работ (рис.4, а), масштабность по времени (рис.4, б), обеспечение возможности введения в график новых связей и изменения отношения порядка между работами простым добавлением дуг без перестройки сети в целом. Вместо окружностей на графиках могут быть изображены прямоугольники с секторами, в каждом из которых автоматически размещаются различные параметры производственного процесса (рис.5).

Разработан комплекс методических, алгоритмических и программных средств, позволяющий автоматически строить для каждого варианта графика работ двумерные и трехмерные гистограммы, эпюры технико-экономических показателей и

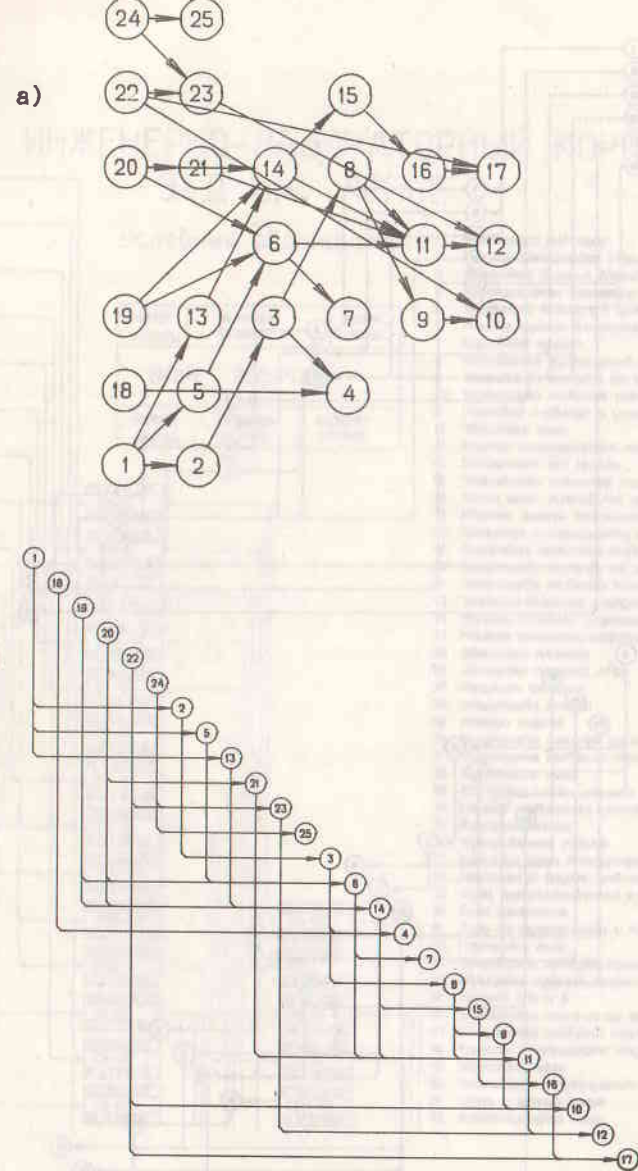


Рис.3. Сетевой график:  
а - в традиционной форме;  
б - в новой форме.

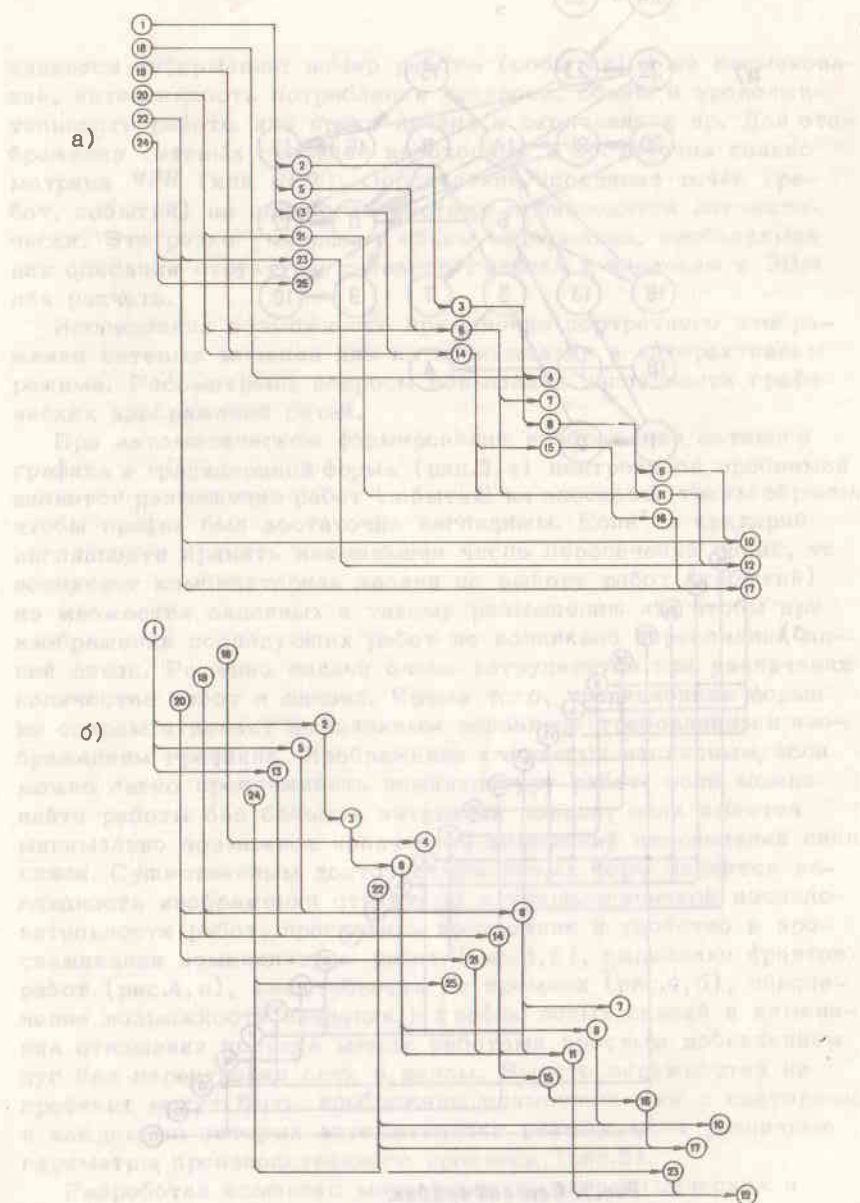


Рис.4. Сетевой график:

а - с выделением фронтов работ;  
б - в масштабе времени.

## ИНЖЕНЕРНО-ЛАБОРАТОРНЫЙ КОРПУС 3-Д им. ЛЕПСЕ

Условные обозначения:

НОМЕР РАБОТЫ	ВЕЛИЧИНА СТОИМОСТИ	КОЛИЧ. ЧЕЛОВ.
ВИДЫ РЕСУРСОВ		
РАННЕЕ НАЧАЛО	КОЛИЧ. ДНЕЙ	ПОЗДНЕЕ НАЧАЛО

- 1 Подбетонка под полы
- 2 Монтаж алюминиевых перегородок, витражей
- 3 Установка дверных блоков
- 4 Изоляция стен битумасеп
- 5 Установка стоек в проемах
- 6 Монтаж систем вентиляции
- 7 Карпачная кладка
- 8 Устройство фундаментов под оборудование
- 9 Устройство потолка из алюминиевых реек
- 10 Устройство подвесок потолка
- 11 Подставка подвесок и установка их для потолка
- 12 Облицовка стен
- 13 Монтаж металлопластиковых конструкций потолка
- 14 Подбетонка под кровлю
- 15 Устройство сантехнических перегородок
- 16 Сдача шахт лифтов под монтаж
- 17 Монтаж систем отопления
- 18 Устройство перегородок из стеклоблоков
- 19 Установка стеклопакетов
- 20 Устройство потолка из алюминиевых реек
- 21 Устройство подвесок потолка
- 22 Электроснабжение корпуса
- 23 Монтаж силового электрооборудования
- 24 Монтаж технологического оборудования
- 25 Облицовка плиткой
- 26 Облицовка плиткой АГВ
- 27 Наружная отделка
- 28 Устройство кровли
- 29 Монтаж лифтов
- 30 Устройство потолка из алюминиевых реек
- 31 Устройство подвесок потолка
- 32 Внутренние сети
- 33 Облицовка щеклой плиткой
- 34 Монтаж подвесов потолка
- 35 Холодоснабжение
- 36 Очисточные работы
- 37 Наружные сети, влечецстройство
- 38 Малочные и другие отделочные работы
- 39 Сети производственной канализации
- 40 Полы цементные
- 41 Полы из керамических и черепных плит
- 42 Паркетные полы
- 43 Устройство канализационных шахт
- 44 Облицовка фундамента штанин
- 45 Монтаж КИП и А
- 46 Устройство потолка из алюминиевых реек
- 47 Устройство подвесок потолка
- 48 Крыльца с вращиванием ступеней
- 49 Облицовка плит
- 50 Устройство трубопровода
- 51 Связь и сигнализация
- 52 Кислотопроводные полы

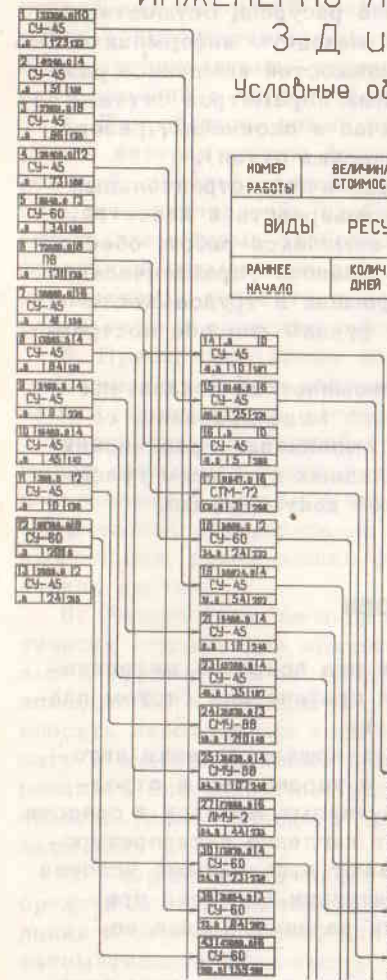


Рис.5. Фрагмент графического изображения календарного плана.

расхода ресурсов, оперативно вносить необходимые коррективы и с помощью ЭВМ рассчитывать новые варианты графиков. При этом можно идентифицировать критические работы, выделить работы, потребляющие однородные ресурсы, осуществить фрагментацию работ, масштабировать выходную информацию. Для расширения функциональных возможностей комплекса разработаны программы расчета временных параметров сетевых моделей (ранних и поздних сроков начал и окончаний, резервов времени, критических и подкритических путей).

Внедрение результатов работы в различных строительных организациях позволило повысить достоверность и качество, наглядность представления данных о комплексе работ, обеспечило возможность эффективно решать планово-управленческие задачи, требующие больших затрат времени и трудоемкости при ранее применявшейся методике и ручном способе построения графической документации.

В главе рассмотрены технико-экономические показатели разработанной системы геометрического моделирования, состоящие из снижения трудозатрат на выполнение графических работ, а также на производство прикладных программ графического вывода планово-управленческой документации.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

В диссертации исследован и решен ряд вопросов методического и математического обеспечения графических систем планирования и управления в строительстве.

1. Одним из важных направлений совершенствования автоматизированных систем планирования и управления в строительстве является применение интерактивных методов и средств машинной графики, которые позволяют наглядно интерпретировать результаты решений и обеспечивают необходимые условия для применения опыта, творчества, интуиции человека при постановке, решении и оценке решений различных планово-управленческих задач.

2. Разработаны рекомендации, методика и алгоритмы организации интерактивного графического режима для эффективного осуществления эвристических и алгоритмических этапов формирования оптимальных (рациональных) решений в планировании и управлении строительством.

3. Разработаны структура, функции и математическое обеспечение системы геометрического моделирования, предназначенной для наглядной графической интерпретации и корректировки в интерактивном режиме различных технико-экономических, организационно-технологических и планово-управленческих решений в строительстве.

4. Разработаны новые графические модели, методы и алгоритмы интерактивного формирования планово-управленческих решений, графиков строительного производства, позволяющие повысить наглядность изображения структуры и взаимосвязей между элементами отображаемой модели, обеспечивающие эффективную совместную работу человека и ЭВМ, развивающие инициативу и деловитость, усиливающие ответственность за результаты и качество работы.

5. Предложены новые формы представления сетевых и календарных графиков, обладающие существенными преимуществами (наглядностью, простотой в построении) по сравнению с традиционными. Разработана методика графического отображения различных видов сетевых моделей, пригодных для использования в интерактивном режиме. Предложены формы геометрической интерпретации некоторых оптимальных календарных планов, расширяющие функциональные возможности графических систем.

6. Разработаны методы и алгоритмы, позволяющие автоматически строить для каждого варианта графика работ двумерные и трехмерные гистограммы, эпюры технико-экономических показателей и расхода ресурсов. При этом можно оперативно вносить необходимые коррективы и с помощью ЭВМ рассчитывать и оценивать новые варианты графиков. Такой режим обеспечивает благоприятные условия для высокопроизводительного планово-управленческого труда и повышает эффективность принимаемых решений.

7. Разработан комплекс методических и программных средств для автоматизированных систем планирования и управления в строительстве, для интерактивного формирования и автоматизации трудоемких процессов подготовки соответствующей графической документации в составе ПОС и ППР. При этом можно идентифицировать критические работы, выделить работы, потребляющие однородные ресурсы, осуществить фрагментацию работ, масштабировать выходную информацию и др.

8. Результаты внедрения разработанных в диссертации методических рекомендаций и программного комплекса подтвердили их практическую значимость и рациональность, обеспечили

получение только при проектировании и выполнении работ на объектах строительства Ленинградского арматурного завода им.Лепсе экономического эффекта в размере 35 тыс.руб.

9. Основными направлениями развития результатов работы являются:

создание интерактивных режимов работы и методов, специализированных на решении отдельных классов планово-управленческих задач,

расширение использования разработанных программных средств в задачах организации, планирования и управления в строительстве.

### ПУБЛИКАЦИИ

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Ваганян Г.А. Модель отображения сетевых графиков для их оптимизации в интерактивном режиме. - Научно-технический реферативный сборник, ЦИНИС, 1979, сер.1, вып.1, с.20-21.

2. Львов В.А., Ваганян Г.А. Графическое отображение сетевой модели. - Научно-технический реферативный сборник, ЦИНИС, 1979, сер.1, вып.5, с.13-15.

3. Ваганян Г.А. Подготовка исходной информации для графического отображения сетевых моделей. - Сб.: Теоретические и практические вопросы управления в строительстве на основе использования вычислительной техники и экономико-математических методов. Труды ЦНИПИАСС, вып.23, 1979, с.74-77.

4. Львов В.А., Ваганян Г.А. Универсальная автоматизированная система управления и планирования. - Научно-технический реферативный сборник, ЦИНИС, 1979, сер.1, вып.11, с.42-46.

5. Ваганян Г.А., Лебедева Л.С. Интерактивные методы для решения задач линейного программирования в планировании и управлении строительством. - Депонирован в ЦИНИС Госстроя СССР, 1980, № 21-60.

6. Гусаков А.А., Львов В.А., Ваганян Г.А. и др. Машинная графика для автоматизированных систем планирования и управления в строительстве. М., ЦНИПИАСС, 1980.

Л-75868. Подписано к печати 25.12.80г. Формат 60x84/16  
Объем 1,25 печ.л. Зак.531 Тир.120

---

ЦНИПИАСС  
117393, ГСП-7, Москва, В-393, Новые Черемушки, квартал 28,  
корпус 3